

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA (UPC)

ESCOLA UNIVERSITÀRIA D'ENGINYERIA TÈCNICA INDUSTRIAL DE BARCELONA (EUETIB)

ENGINYER TÈCNIC INDUSTRIAL. Especialitat en Electrònica Industrial



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Fitxa de Descripció d'Assignatura



Assignatura:	ELECTRÒNICA ANALÒGICA – 2				Sigles:	EA2
					Codi:	15510
					Curs:	2009-2010
Tipus:	Obligatòria	Crèdits totals ECTS:	4,8	Hores/setmana totals:	8	
Idiomes:	Castellà-Català- Anglès	Crèdits presencials Teoria:	0,9	Hores/setmana presencials Teoria:	1,5	
Hores/Cr.	25	Crèdits presencials Problemes:	0,6	Hores/setmana presencials Problemes:	1,0	
Quadrimestre:	3 ^{er}	Crèdits presencials Laboratori:	0,6	Hores/setmana presencials Laboratori:	1,0	
Nivell:	Grau	Crèdits no presencials:	0,3	Hores/setmana no presencials:	0,5	
		Crèdits d'aprenentatge autònom:	2,4	Hores/setmana d'aprenentatge autònom:	4,0	
Àrees de Coneixement:	Tecnologia Electrònica. Electrònica.					
Descriptors (BOE):	L'amplificador operacional realimentat en tensió (VFOA). El VFOA en règim no saturat. El VFOA en règim saturat. Operadors no lineals. Oscil·ladors sinusoidal i no sinusoidal. Tècniques de filtrat en temps continu. Circuits de capacitats commutades. Circuits de llaç d'enclavament de fase (PLLs).					
Coordinador:	Herminio Martínez García					
Professors:	Herminio Martínez – Guillermo Velasco – Javier Gámiz – Manuel Manzanares – Etc.					
Horari i Lloc de Tutoria i Consultes:	Despatxos dels corresponents professors de l'assignatura. Consultar els horaris en cada cas. Els primers dies de classe s'informarà sobre els respectius horaris i la localització dels despatxos dels diferents professors.					
Prerrequisits:	Electrònica Analògica – 1 (EA-1).					
Correquisits:	Cap.					
Objectius Generals:	<p>L'assignatura, presentada a 3^{er} quadrimestre de la titulació d'Enginyeria Tècnica Industrial per a l'especialitat d'Electrònica industrial, és la continuació lògica de l'Electrònica Analògica (I) de 2^{on} quadrimestre de l'actual pla d'estudis 2002. Té com a objectiu principal el presentar a l'estudiant les modernes tècniques analògiques emprades típicament a l'Enginyeria Electrònica per al processament del senyals, basades principalment en circuits integrats analògics i, especialment, en l'amplificador operacional realimentat en tensió (VFOA) i altres dispositius afins (com ara l'OTA, el CFOA, etc.).</p> <p>L'estudiant ha d'assolir una base tècnico-científica per poder no només analitzar, sinó també dissenyar, sintetitzar, simular i implementar físicament estructures electròniques, dintre de l'àmbit del processament analògic, basades en aquests dispositius per a aplicacions de control, regulació, mesura, adquisició de dades, instrumentació i comunicacions electròniques a l'entorn industrial.</p>					
Competències Transversals:	<p>Gràcies al seu pas per l'assignatura, l'estudiant aprendrà a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analitzar i valorar les diferents alternatives possibles durant el plantejament, formulació i dissenys de projectes per desenvolupar sistemes electrònics. • Tenir capacitat d'aplicar a la pràctica el coneixements adquirits a l'assignatura. • Aportar solucions en la resolució de les diferents activitats proposades a l'assignatura. • Tenir la capacitat d'utilització del <i>software</i> especialitzat per a la resolució de problema, així com per a l'anàlisi i síntesi de circuits i sistemes electrònics analògics. • Planificar i gestionar el temps de dedicació i recursos tant per a la teoria com per als problemes, activitats de laboratori i activitats no presencials. • Adquirir comunicació oral i escrita tant en castellà com en català, i redactar correctament la documentació necessària vinculada a les diferents activitats plantejades al curs, sense faltes d'ortografia. 					

- Adquirir comunicació oral i escrita bàsiques en anglès.
- Presentar oralment i defensar les diferents activitats proposades a l'assignatura.
- Treballar en equips.

Programa de Teoria:

A continuació es mostra en detall el temari detallat de l'assignatura. La temporització aproximada assignada a cada tema correspon només a les hores de teoria i problemes, a raó de 2,5 h/set. (=37,5 h/quad.). Aquests tòpics s'ampliaran a les corresponents classes de laboratori i no presencialitat. El temari queda dividit en dos parts: el bloc I (que cobreix la primera meitat del curs) tracta el VFOA en profunditat. La segona (bloc II) s'ocupa de l'estudi d'alguns sistemes analògics típics com són els oscil·ladors sinusoidals, els filtres analògics de temps continu i basats en capacitats commutades i una introducció als sistemes PLL.

BLOC I.- L'AMPLIFICADOR OPERACIONAL REALIMENTAT EN TENSIÓ O VFOA (VOLTAGE-FEEDBACK OPERATIONAL AMPLIFIER) (17,5 hores).

Tema 1.- Alternatives Tecnològiques en Processat Analògic del Senyal (1,5 h).

Amplificació de tensió, de corrent i de potència. Amplificadors de tensió, corrent, transresistència (amplificadors Norton) i transconductància. Modelització. Circuits integrats analògics comercials: VFOA, OTA, *current conveyor* i CFOA. Estudi comparatiu entre el VFOA i el CFOA.

Tema 2.- L'Amplificador Operacional Realimentat en Tensió (VFOA) (1 h).

El VFOA com amplificador de tensió controlat per tensió. Característiques ideals. Corba de transferència en llaç obert. Saturació. VFOA en llaç tancat. Realimentació negativa i positiva. Règim estable i inestable.

Tema 3.- VFOA en Règim No Saturat (5 h).

Concepte de curtcircuit virtual (VSC) i massa virtual (VG). Exemple d'anàlisi utilitzant els conceptes de VSC i VG. VFOA amb xarxes resistives: amplificadors no inversors, inversors i seguidor; amplificadors sumadors; amplificadors diferencial (DA) i d'instrumentació (IA); convertidors V/I i I/V; amplificadors de corrent (convertidors I/I). VFOA amb xarxes reactives: circuits integradors i derivadors analògics. Altres circuits d'aplicació. Estudi del guany diferencial, guany en mode comú i CMRR en DAs i IAs. Altres errors en els DAs i IAs: PSRR, etc.

Tema 4.- VFOA en Règim Saturat (3,5 h).

VFOA en llaç obert. Comparadors analògics sense histèresi. El VFOA amb realimentació positiva. Comparadors amb histèresi (*triggers* d'Schmitt). Oscil·ladors de relaxació. Circuits multivibradors: biestables, astables i monoestables (redisparrables i no redisparrables). Estudi dels *timers* 555, 556 i 558. Altres circuits d'aplicació: convertidors tensió a freqüència (V-F) i freqüència a tensió (F-V). Els circuits integrats LM331 i AD537 com a exemples.

Tema 5.- Operadors No Lineals (4 h).

VFOA amb xarxes no lineals. Efectes de la pèrdua de linealitat. Circuits retalladors. Rectificadors de precisió. Operadors logarítmic i antilogarítmic. Multiplicadors analògics: característiques, utilització i aplicació. Implementació (*fitting*) de funcions. Conformador (*shappers*) de formes d'ona: convertidor d'ona triangular a sinusoidal. No linealitats típiques. Funció descriptiva. Altres circuits d'aplicació de les tècniques no lineals. Calculadors i simuladors analògics.

Tema 6.- Limitacions Pràctiques dels Amplificadors Operacionals (2,5 h).

Introducció. Estructura interna d'un VFOA típic. Limitacions estàtiques: tensió d'*offset* d'entrada, corrents d'*offset* i corrents de *bias*. VFOAs de baixa tensió d'*offset*. VFOAs de baixos corrents de *bias*. Tècniques de compensació dels errors d'*offset* als VFOA. Limitacions dinàmiques: guany en llaç obert del VFOA real, resposta en llaç obert i en llaç tancat, producte guany-amplada de banda, impedàncies d'entrada i sortida, resposta transitòria, limitacions per *slew-rate*, amplada de banda a tensió de sortida

màxima o *Full Power Bandwidth (FPB)*. Efectes de la temperatura sobre les limitacions estàtiques i dinàmiques.

BLOC II.- SISTEMES ANALÒGICS (20 hores).

Tema 7.- Readmissió del Senyal i Oscil·ladors Sinusoïdals (5 h).

Teoria general de la readmissió del senyal. Criteri de Barkhausen. Mètodes generals d'anàlisi d'oscil·ladors sinusoidals. Oscil·ladors RC: de retard (LPF) i avanç (HPF) de fase, en pont Wien, oscil·ladors en quadratura, *twin-T*, Bubba, etc. Oscil·ladors LC: Hartley, Colpitts, Clapp, Armstrong, etc. Oscil·ladors a cristall de quars. Control de l'amplitud de sortida.

Tema 8.- Tècniques de Filtrat en Temps Continu (CTF) (9 h).

Definició de filtre. Tipus i classificació de filtres elèctrics. Cèl·lules de filtrat *low-pass*, *high-pass* i *band-pass* passives i actives de 1^{er} i 2^{on} ordre. Estructures de Sallen–Key i Rauch (o MFB). Estructures biquadràtiques de variable d'estat. Filtres *band-reject* (BRF), filtres *notch* i filtres *all-pass* (APF). Aplicacions dels filtres *notch* i APF. Gàlib o plantilla d'un filtre. Especificacions de disseny i teoria de l'aproximació. Tipus de respostes: Butterworth, Chebyshev, Legendre, Bessel, inversa de Chebyshev i Cauer. Transposició i desnormalització (escalat en freqüència) de filtres. Síntesi sistemàtica de filtres actius d'ordre superior amb taules. Estudi de diferent *software* per a l'anàlisi i síntesi de filtres analògics.

Tema 9.- Circuits Basats en Capacitats Commutades (SC) (2,5 h).

Introducció. El circuit bàsic amb condensador commutat. Modelització. Filtres de capacitats commutades (SCF). Altres aplicacions de circuits SC en processament analògic del senyal. Avantatges i inconvenients dels circuits SC.

Tema 10.- Llaços d'Enclavament de Fase (PLL) (2,5 h).

Introducció: què és el PLL? Descripció de funcionament. Classificació dels PLLs: PLLs analògic i digitals. Definició de paràmetres. Aplicacions dels PLL: multiplicadors de freqüència, detectors de tons en medis sorollosos, demodulació de senyals en AM i FM. Estudi d'alguns models comercials.

Tema 11.- Software per al Disseny i Anàlisi de Circuits Analògics (1 h).

Anàlisi de circuits mitjançant PSpice. Modelització de dispositius a PSpice. Altres programes d'anàlisi i síntesi de circuits analògics. Noves tendències en disseny de sistemes analògics. *Software* de disseny de sistemes analògics amb *field-programmable analog arrays* (FPAA). Models comercials d'FPAAs: Zetex, Anadigm, Lattice, etc.

Objectius Específics de Cada Tema:

Al finalitzar cada tema, l'estudiant hauria de ser capaç de:

BLOC I.- L'AMPLIFICADOR OPERACIONAL REALIMENTAT EN TENSIÓ O VFOA (VOLTAGE-FEEDBACK OPERATIONAL AMPLIFIER) (17,5 hores).

Tema 1.- Alternatives Tecnològiques en Processat Analògic del Senyal (1,5 h).

- Objectiu 1.-** Comprendre el paradigma del processat analògic del senyal, així com els dispositius i alternatives tecnològiques per realitzar-lo (**coneixement**).
- Objectiu 2.-** Saber què es el processat analògic del senyal (**coneixement**).
- Objectiu 3.-** Saber les diferències entre processat analògic i digital del senyal (**coneixement**).
- Objectiu 4.-** Conèixer la classificació i tipus d'amplificador electrònics (**coneixement**).
- Objectiu 5.-** Entendre les consideracions per a l'adequada interconnexió d'amplificadors, fonts de senyal i càrregues (**comprensió**).

Tema 2.- L'Amplificador Operacional Realimentat en Tensió (VFOA) (1 h).

- Objectiu 1.-** Conèixer què és l'amplificador operacional (VFOA) ideal (**coneixement**).
- Objectiu 2.-** Conèixer les característiques idealitzades del VFOA integrat (**coneixement**).

- Objectiu 3.-** Conèixer què és l'amplificador operacional real i quines característiques bàsiques té. Comprendre les diferències amb el VFOA ideal (**comprensió**).
- Objectiu 4.-** Saber alimentar adequadament el VFOA real (**comprensió**).

Tema 3.- VFOA en Règim No Saturat (5 h).

- Objectiu 1.-** Distingir què és *règim no saturat* i *règim saturat* en un circuit amb VFOA (**coneixement**).
- Objectiu 2.-** Entendre el principi de curtcircuit virtual (VSC) i massa virtual (VG) (**comprensió**).
- Objectiu 3.-** Saber quan pot aplicar-se el principi de VSC en circuits amb VFOAs (**comprensió**).
- Objectiu 4.-** Aplicar convenientment el concepte de VSC en circuits analògics basats en el VFOA (**comprensió**).
- Objectiu 5.-** Utilitzant el principi de VSC, resoldre problemes de circuits amb VFOAs treballant en règim no saturat (**aplicació**).
- Objectiu 6.-** Sintetitzar circuits i sistemes electrònics analògics basats en el VFOA treballant en règim lineal (**aplicació**).

Tema 4.- VFOA en Règim Saturat (3,5 h).

- Objectiu 1.-** Conèixer el comportament del VFOA en llaç obert i treballant com a comparador analògic (**coneixement**).
- Objectiu 2.-** Saber quan NO pot aplicar-se el principi de VSC en circuits amb VFOAs (**comprensió**).
- Objectiu 3.-** Analitzar i resoldre problemes amb VFOAs treballant en règim de saturació (**aplicació**).
- Objectiu 4.-** Sintetitzar circuits i sistemes electrònics analògics basats en el VFOA treballant en règim de saturació (**aplicació**).
- Objectiu 5.-** Conèixer circuits de generació de formes d'ona típics basats en comparadors analògics (multivibradors monoestables i astables, oscil·ladors de relaxació, generadors de formes d'ona rectangular i triangular, etc.) (**coneixement / comprensió**).

Tema 5.- Operadors No Lineals (4 h).

- Objectiu 1.-** Conèixer les característiques bàsiques de circuits que conformin funcions matemàtiques no-lineals i els efectes de la pèrdua de linealitat (**coneixement**).
- Objectiu 2.-** Conèixer circuits típics no lineals amb amplificadors operacionals treballant en règim saturat i/o no saturat més dispositius electrònics no lineals (díodes, transistors, etc.): rectificadors de precisió, circuits retalladors de precisió (*clipper circuits*), detectors de pic de precisió (*peak detectors*), circuits fixadors de nivell de precisió (*clamper circuits*), etc. (**coneixement / comprensió**).
- Objectiu 3.-** Conèixer què és i com funciona un multiplicador analògic (**coneixement**).
- Objectiu 4.-** Resoldre problemes que incorporin VFOAs treballant en règim lineal i multiplicadors analògics (**aplicació**).
- Objectiu 5.-** Sintetitzar circuits que implementin funcions no-lineals basats en VFOAs treballant en règim lineal i multiplicadors analògics (**aplicació**).

Tema 6.- Limitacions Pràctiques dels Amplificadors Operacionals (2,5 h).

- Objectiu 1.-** Conèixer l'estructura interna i etapes que formen un VFOA típic (**coneixement**).
- Objectiu 2.-** Saber què són les limitacions estàtiques i les limitacions dinàmiques (**coneixement**).
- Objectiu 3.-** Entendre els conceptes de *tensió d'offset*, *corrents de bias* i *corrent d'offset* d'un VFOA (**coneixement / comprensió**).
- Objectiu 4.-** Analitzar l'efecte de la tensió d'*offset*, corrents de *bias* i corrent d'*offset* d'un VFOA sobre el comportament en un circuit (**aplicació**).
- Objectiu 5.-** Entendre els conceptes de *producte guany-amplada de banda*, *slew-rate* i *full power bandwidth* d'un VFOA (**coneixement / comprensió**).

Objectiu 6.- Analitzar l'efecte de la resposta freqüencial d'un VFOA sobre el comportament en un circuit analògic (**aplicació**).

Objectiu 7.- Saber els efectes perjudicials de la temperatura sobre les limitacions estàtiques i dinàmiques (**coneixement**).

BLOC II.- SISTEMES ANALÒGICS (20 hores).

Tema 7.- Readmissió del Senyal i Oscil·ladors Sinusoïdals (5 h).

Objectiu 1.- Saber què és la realimentació positiva i negativa en un amplificador genèric realimentat (**coneixement**).

Objectiu 2.- Saber què és un oscil·lador sinusoïdal (**coneixement**).

Objectiu 3.- Conèixer i entendre l'anomenat '*criteri de Barkhausen*' (**coneixement / comprensió**).

Objectiu 4.- Saber classificar adequadament els circuits oscil·ladors sinusoïdals (**coneixement**).

Objectiu 5.- Analitzar circuits oscil·ladors RC i LC utilitzant el criteri de Barkhausen (**aplicació**).

Objectiu 6.- Conèixer els mecanismes de limitació d'amplitud i el seu funcionament en circuits oscil·ladors (**coneixement / comprensió**).

Objectiu 7.- Conèixer les estructures més típiques d'oscil·ladors basats en cristalls de quars (**coneixement**).

Objectiu 8.- Conèixer els generadors de formes d'ona típics comercialitzats en forma de circuits integrats (**coneixement**).

Tema 8.- Tècniques de Filtrat en Temps Continu (CTF) (9 h).

Objectiu 1.- Saber què és un filtre elèctric així com la classificació dels filtres elèctrics (**coneixement**).

Objectiu 2.- Conèixer les funcions de transferència de 1^{er} i 2^{on} ordre passa-baixos, passa-alts, passa-banda, rebutja-banda i passa-tot (**coneixement**).

Objectiu 3.- Conèixer les cèl·lules de filtrat típiques de cèl·lules de filtrat típiques passives i actives de 1^{er} i 2^{on} ordre passa-baixos, passa-alts, passa-banda, rebutja-banda i passa-tot (**coneixement**).

Objectiu 4.- Conèixer les estructures biquadràtiques basades en filtres actius universals (UAFs) (**coneixement**).

Objectiu 5.- Saber què és el gàlib d'un filtre i què és una funció d'aproximació (**coneixement**).

Objectiu 6.- Conèixer les principals funcions d'aproximació d'un filtre (**coneixement / comprensió**).

Objectiu 7.- Saber què és el retard de propagació de grup d'un filtre elèctric (**coneixement**).

Objectiu 8.- Saber sintetitzar sistemàticament estructures de filtrat de temps continu d'elevat ordre mitjançant taules (**aplicació**).

Objectiu 9.- Conèixer els *softwares* actuals d'ajuda al disseny de filtres d'elevat ordre així com les seves prestacions: FilterPro[®], FilterLab[®], FilterCAD[®], Filter Wiz PRO[®], Filter Solutions[®], etc. (**coneixement**).

Tema 9.- Circuits Basats en Capacitats Commutades (SC) (2,5 h).

Objectiu 1.- Saber què són els circuits basats en capacitats commutades i on es fan servir (**coneixement**).

Objectiu 2.- Entendre el principi de funcionament dels filtres SC (**comprensió**).

Objectiu 3.- Conèixer el modelitzat d'una cèl·lula SC bàsica (**coneixement**).

Objectiu 4.- Conèixer alguns dels filtres SC típics comercialitzats en forma de circuits integrats (**coneixement**).

Objectiu 5.- Saber i entendre les limitacions pràctiques dels filtres SC (**coneixement / comprensió**).

Tema 10.- Llaços d'Enclavament de Fase (PLL) (2,5 h).

Objectiu 1.- Saber què són els blocs formen un circuit PLL (**coneixement**).

Objectiu 2.- Entendre el principi de funcionament d'un circuit PLL (**comprensió**).

Objectiu 3.- Conèixer i entendre els paràmetres importants d'un circuit PLL (**coneixement /**

comprensió).

Objectiu 4.- Saber realitzar una classificació dels diferents tipus de circuits PLL (**coneixement**).

Objectiu 5.- Conèixer alguns dels circuits PLL típics comercialitzats en forma de circuits integrats (**coneixement**).

Objectiu 6.- Saber i entendre les limitacions pràctiques dels circuits PLL (**coneixement / comprensió**).

Tema 11.- Software per al Disseny i Anàlisi de Circuits Analògics (1 h).

Objectiu 1.- Saber què s'entén per 'software per al disseny' i 'software per a l'anàlisi' de circuits electrònics (**coneixement**).

Objectiu 2.- Conèixer els paquets *software* moderns per al disseny i anàlisi de circuits electrònics analògics (**coneixement**).

Objectiu 3.- Conèixer les possibilitats del *software* OrCAD®-PSpice® per al disseny electrònic (**coneixement**).

Objectiu 4.- Entendre el modelitzat de components electrònics per part del *software* OrCAD®-PSpice® (**coneixement / comprensió**).

Objectiu 5.- Saber realitzar les anàlisis típiques per a circuits electrònics analògics mitjançant el paquet *software* OrCAD®-PSpice® (**aplicació**).

Pràctiques de Laboratori:

1. Circuits amb VFOA en règim lineal (2h).
2. Estudi del *timer* 555 (2 h).
3. Circuits amb VFOA en règim de saturació i operadors no-lineals. Circuits d'aplicació (2h).
4. Estudi de circuits oscil·ladors sinusoidals (2 h).
5. Estudi de *continuous-time filters* (CTF): cèl·lules de filtrat actives de 2^{on} ordre (2h).
6. Estudi dels filtres actius universals (UAFs) (2h).
7. Estudi del PLL. Circuits d'aplicació (2h).

Activitats No Presencials:

1. Implementació física d'un prototipus basat en un disseny analògic proposat (4,5 h).
2. Recerca bibliogràfica de l'estat de l'art de l'electrònica analògica basada en circuits integrats (1,5 h).
3. Utilització de paquets de *software* d'anàlisi i síntesi de circuits i sistemes analògics (1,5 h).

Càrrega Setmanal de l'Estudiant en Hores:

Tipus activitat / Setmana	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total	
Teoria	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5						22,5	
Pràctiques			2		2		2		2		2		2		2							14
Problemes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1							15
No presencial									0,5	1	1	1	2	2								7,5
Estudi personal individual	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	3	3				40
Lliurament de problemes				1		1		1		1		1		1		1						7
Lliurament de pràctiques				1		1		1			1	2		2		2						10
Proves orals o escrites										1									3			4
Altres activitats																						
TOTAL	4,5	4,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	7,0	8,5	8,5	8,5	8,5	9,5	6,5	6,0	3,0	6,0			120	

Metodologia Docent:

L'assignatura utilitza a l'aula la metodologia expositiva en un 60%, el treball individual en un 20% i el treball en grups reduït (preferentment de 2 persones) en un 20%.

Dintre i fora de l'aula, el treball individual es pondera sobre el 60% (mitjançant exàmens individuals i presentació de problemes), mentre que el treball en grups reduïts (per realització de pràctiques de laboratori, lliurament d'informes de pràctiques, i per realització d'activitats no presencials) pesa un 40%.

Bibliografia Bàsica:

1. **Fiore, James M.** *‘Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Lineales’*. Madrid: Ed. Thomson Editores Spain / Paraninfo S.A. 2002.
2. **Franco, Sergio.** *‘Diseño con Amplificadores Operacionales y Circuitos Integrados Analógicos’*. México, D.F.: Ed. McGraw–Hill Interamericana. 3^a Edición. 2005.
3. **Mancini, Ron (ed.)**. *‘Op. Amps for Everyone. Design Reference’*. Burlington (Massachusetts, USA): Newnes-Elsevier & Texas Instruments. 2003. Disponible també en publicació electrònica de Texas Instruments. August, 2002.

Bibliografia Complementària:

1. **Malik, Norbert R.** *‘Circuitos Electrónicos. Análisis, Simulación y Diseño’*. Ed. Prentice Hall, 1997.
2. **Rashid, Muhammad H.** *‘Circuitos Microelectrónicos. Análisis y Diseño’*. Madrid: Ed. Thomson Editores Spain / Paraninfo S.A. 2002.
3. **Sedra, Adel S.; Kenneth C. Smith.** *‘Circuitos Microelectrónicos’*. México, D.F.: Ed. Oxford University Press. 4^a Edición. 1999.

Criteri d’Avaluació:

Controls Parcial + Lliuraments de Problemes:	20 %	Exercicis / Problemes:		Examen Final:	40%
Activitats No Presencials:	20 %	Pràctiques de Laboratori:	20%	Altres Proves:	

Mètodes d’Avaluació: L’avaluació es durà a terme mitjançant la valoració per part dels professors de l’assignatura. *Per a més detalls es pot consultar el manual de l’assignatura que es facilitarà als estudiants els primers dies de classe.*